

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 2002-174140  
(43)Date of publication of application: 21.06.2002

(51)Int.Cl.

F02F 1/00  
B22D 19/08  
B22D 21/04  
B22F 3/20  
B22F 5/00  
B22F 7/08  
C22C 1/02  
C22C 21/02  
F02F 1/08  
F02F 1/16

(21)Application number : 2000-370518

(71)Applicant : YAMAHA MOTOR CO LTD

(22) Date of filing : 05.12.2000

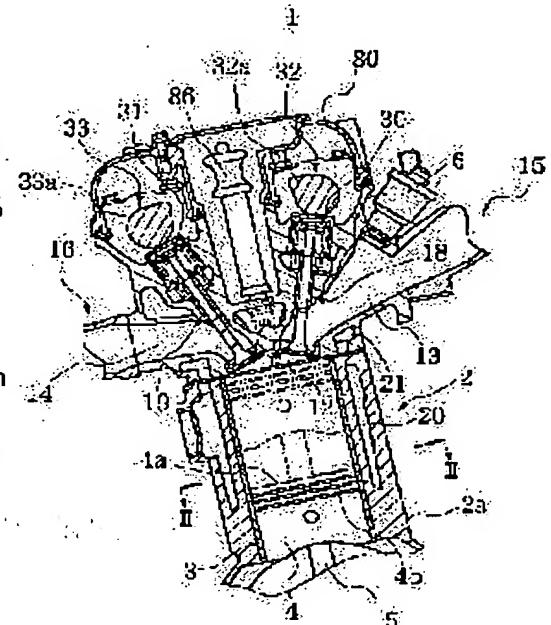
(72)Inventor : ADACHI SHUHEI  
MIHASHI MASAHIRO  
ARAKI KENJI  
NAKAO DAISUKE

**(54) CYLINDER SLEEVE AND CYLINDER BLOCK FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE AS WELL AS INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent seizure with a piston and prevent the worsening of fuel consumption and the deterioration of oil.

**SOLUTION:** This cylinder sleeve is formed by using as a sleeve substrate a liquid quenched powder solidified and extruded material having a chemical composition consisting of 15-38 wt.% silicon(Si) added to an aluminum alloy, thus making the linear expansion coefficient of the sleeve smaller than that of a cylinder body without marring heat conductivity, machinability and plating property. A cylinder block 2 for an internal combustion engine is formed by casting the sleeve 3 made of an aluminum alloy into the cylinder body 2a made of an aluminum alloy, wherein the linear expansion coefficient of the sleeve 3 is smaller than that of the cylinder body, therefore providing good heat transfer from the sleeve to the cylinder body and preventing the seizure with the piston without lowering sleeve fastening force during coagulation and contraction and thermal contraction after coagulation at the cylinder body side.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

## [Claim(s)]

[Claim 1] The cylinder sleeve characterized by forming in the end of rapidly solidified powder it has the chemical composition which added 15 – 38% of the weight of silicon (Si) to the aluminum alloy in a sleeve base material using a solidification extrusion formation ingredient.

[Claim 2] The cylinder block for internal combustion engines which is a cylinder block for internal combustion engines which cast-wrapped the sleeve made from an aluminium alloy in the cylinder body made from aluminium alloy casting, and is characterized by making coefficient of linear expansion of said sleeve smaller than the coefficient of linear expansion of a cylinder body.

[Claim 3] The cylinder block for internal combustion engines according to claim 2 characterized by making coefficient of linear expansion of said sleeve into a value smaller at least 10% than the coefficient of linear expansion of a cylinder body.

[Claim 4] The cylinder block for internal combustion engines according to claim 2 or 3 characterized by making the aluminum alloy which constitutes said sleeve contain silicon (Si) 15 to 38% of the weight.

[Claim 5] The cylinder block for internal combustion engines according to claim 4 characterized by using said silicon (Si) as the primary phase silicon (Si) whose mean particle diameter is 2-10 micrometers.

[Claim 6] The cylinder block for internal combustion engines given in any 1 term of claim 2 characterized by having carried out condensation solidification and forming the aluminum alloy powder whose mean particle diameter is 20-100 micrometers about said sleeve thru/or claim 5.

[Claim 7] The internal combustion engine characterized by having contained the piston possible [reciprocation] and making coefficient of linear expansion of this piston larger than the coefficient of linear expansion of a sleeve into the cylinder of the cylinder block for internal combustion engines according to claim 2 to 6.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

#### [0001]

[Field of the Invention] This invention relates to an internal combustion engine at a cylinder sleeve and the cylinder block list for internal combustion engines.

#### [0002]

[Description of the Prior Art] There are some which equip an internal combustion engine with the cylinder block for internal combustion engines which manufactures it inside as performs predetermined plating to the sleeve inner surface which cast-wraps the sleeve made from an aluminium alloy in the cylinder body made from aluminium alloy casting, and the cylinder block for internal combustion engines is an important element which forms a high performance engine with lightweight and good thermal conductivity.

[0003] The sleeve made from the aluminium alloy with which it cast-wraps this cylinder block for internal combustion engines was performing and manufacturing predetermined processing to for example, a casting pipe or continuous casting extrusion pipe material.

[0004] Moreover, ingredients, such as 1.2Si-3Cu-aluminum material, were conventionally used for sleeve material. In the case of good metal mold casting of fluidity, a cylinder body is JIS. In die-casting manufactures, such as AC2B, it is JIS. The good ingredient of fluidity, such as ADC12 material, was used.

#### [0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, when it cast-wraps the sleeve made from an aluminium alloy in the cylinder body of aluminium alloy casting, while the molten metal by the side of a cylinder body encloses on the periphery of a sleeve, a sleeve is heated and it is expanded thermally, a cylinder body follows on being cooled gradually the \*\*\*\* back, and cools and carries out the heat shrink also of the sleeve. It contracts, when carrying out cooling coagulation, and further, temperature follows the molten metal by the side of a cylinder body on falling, and carries out a heat shrink. If the coefficient of linear expansion of a sleeve is high, the sleeve bolting force by the solidification shrinkage by the side of a cylinder body and the heat shrink after coagulation will be eased.

[0006] Moreover, also in an internal combustion engine's operational status, the temperature of a sleeve becomes lower than the temperature (value near the melting temperature of an aluminum alloy) when cast-wrapping (since air cooling and water cooling are made, it is 100 degrees C - about 300 degrees C). In an internal combustion engine, if the coefficient of linear expansion of a sleeve is high, the sleeve bolting force is eased and a clearance may occur between cylinder bodies. Between this cylinder body, heat transfer from a sleeve to a cylinder-body side is checked, and hot-spot-izes in a clearance, and printing by the piston occurs.

[0007] Moreover, if an internal combustion engine is operated after attaching a crankshaft, a piston, etc. to a cylinder block, carrying out bolt conclusion of the cylinder head further, assembling as an internal combustion engine and completing even if it performs predetermined plating after casting \*\*\*\*\* (ordinary temperature condition), it carries out honing and it raises the cylindricity of sleeve inner circumference, and roundness, a sleeve expands thermally. While rigidity goes up the circumference of the bolthole of the plurality of the cylinder body of a sleeve periphery with which bolt conclusion of the cylinder head is carried out at this time and thermal expansion is resisted, since the resistance over

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

thermal expansion is small, if the cylinder body used as the pars intermedia of the bolthole of a sleeve periphery has a high coefficient of linear expansion of a sleeve, the cylindricity of sleeve inner circumference and roundness will not be maintained, but the isolation nature of the combustion chamber and crank case by the piston ring falls, and buildup of oil consumption, the fuel consumption aggravation by the blow by of combustion gas, and oil degradation break out.

[0008] This invention aims at providing with an internal combustion engine the cylinder sleeve which it was made in view of this actual condition, and printing by the piston is prevented, and can prevent fuel consumption aggravation and oil degradation, and the cylinder block list for internal combustion engines.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In order to solve said technical problem and to attain the object, this invention was constituted as follows.

[0010] invention according to claim 1 -- " -- cylinder sleeve characterized by forming in the end of rapidly solidified powder it has the chemical composition which added 15 - 38% of the weight of silicon (Si) to the aluminum alloy in a sleeve base material using a solidification extrusion formation ingredient. " -- it is .

[0011] According to invention according to claim 1, thermal conductivity, workability, and plating nature are not spoiled and coefficient of linear expansion of a sleeve is made to a value smaller at least 10% than the coefficient of linear expansion of a cylinder body.

[0012] invention according to claim 2 -- " -- cylinder block for internal combustion engines which is a cylinder block for internal combustion engines which cast-wrapped the sleeve made from an aluminium alloy in the cylinder body made from aluminium alloy casting, and is characterized by making coefficient of linear expansion of said sleeve smaller than the coefficient of linear expansion of a cylinder body. " -- it is .

[0013] According to invention according to claim 2, since the coefficient of linear expansion of a sleeve is smaller than the coefficient of linear expansion of a cylinder body, the sleeve bolting force by the solidification shrinkage by the side of a cylinder body and the heat shrink after coagulation does not decline, a clearance is lost between a sleeve and a cylinder body, heat transfer from a sleeve to a cylinder-body side can be good, and can hot-spot-ize, and printing by the piston can be prevented.

[0014] invention according to claim 3 -- " -- cylinder block for internal combustion engines according to claim 2 characterized by making coefficient of linear expansion of said sleeve into a value smaller at least 10% than the coefficient of linear expansion of a cylinder body. " -- it is .

[0015] According to invention according to claim 3, the sleeve bolting force by the solidification shrinkage by the side of a cylinder body and the heat shrink after coagulation does not decline more by having made coefficient of linear expansion of a sleeve into the value smaller at least 10% than the coefficient of linear expansion of a cylinder body, and a clearance is further lost between a sleeve and a cylinder body.

[0016] invention according to claim 4 -- " -- cylinder block for internal combustion engines according to claim 2 or 3 characterized by making the aluminum alloy which constitutes said sleeve contain silicon (Si) 15 to 38% of the weight. " -- it is .

[0017] According to invention according to claim 4, by making the aluminium alloy which constitutes a sleeve contain silicon (Si) 15 to 38% of the weight, coefficient of linear expansion of a sleeve can be made small, and, moreover, thermal conductivity, workability, and plating nature are not spoiled.

[0018] invention according to claim 5 -- " -- cylinder block for internal combustion engines according to claim 4 characterized by using said silicon (Si) as the primary phase silicon (Si) whose mean particle diameter is 2-10 micrometers. " -- it is .

[0019] According to invention according to claim 5, by using silicon (Si) as the primary phase silicon (Si) whose mean diameter is 2-10 micrometers, coefficient of linear expansion of a sleeve can be made smaller, and, moreover, thermal conductivity, workability, and plating nature are not spoiled.

[0020] invention according to claim 6 -- " -- cylinder block for internal combustion engines given in any 1 term of claim 2 characterized by having carried out condensation solidification and forming the aluminum alloy powder whose mean particle diameter is 20-100 micrometers about said sleeve thru/or claim 5. " -- it is .

[0021] According to invention according to claim 6, by carrying out condensation solidification and forming the end of an aluminum alloy powder whose mean particle diameter is 20-100 micrometers

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

about a sleeve, coefficient of linear expansion of a sleeve can be made smaller, and, moreover, thermal conductivity, workability, and plating nature are not spoiled.

[0022] invention according to claim 7 -- " -- internal combustion engine characterized by having contained the piston possible [reciprocation] and making coefficient of linear expansion of this piston larger than the coefficient of linear expansion of a sleeve into the cylinder of the cylinder block for internal combustion engines according to claim 2 to 6. " -- it is .

[0023] According to invention according to claim 7, in addition to claim 2 thru/or claim 6, the cylindricity of sleeve inner circumference and roundness can be maintained, the isolation nature of the combustion chamber and crank case by the piston ring can improve, and buildup of oil consumption, the fuel consumption aggravation by the blow by of combustion gas, and oil degradation can be prevented by making coefficient of linear expansion of a piston larger than the coefficient of linear expansion of a sleeve.

[0024]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of an internal combustion engine is explained to the cylinder sleeve of this invention, and the cylinder block list for internal combustion engines based on a drawing.

[0025] This invention is applied to the water cooling type or the air-cooled four-cycle internal combustion engine, and two-cycle internal combustion engine having the cylinder block for internal combustion engines, and a sleeve is applied to wet structure or dry construction.

[0026] It is the sectional view where drawing 1 meets a water cooling type four-cycle internal combustion engine's sectional view, and drawing 2 meets the II-II line of drawing 1 .

[0027] As this internal combustion engine's example, although a sleeve shows the water cooling type four-cycle internal combustion engine of dry construction to drawing 1 and drawing 2 , this invention is not limited to the gestalt of this operation.

[0028] As for the four stroke cycle engine 1 of a car, a serial 4-cylinder engine is used. The cylinder block 2 of a four stroke cycle engine 1 consists of cylinder-body 2a and a sleeve 3, and is formed in this sleeve 3 possible [reciprocation of a piston 4]. The crankshaft which has been arranged through a connecting rod 5 in the crank case 7 by reciprocation of this piston 4 and which is not illustrated rotates. The cylinder head 6 is formed in a cylinder block 2, and it is fixed to the cylinder block 2 with the bundle with the bolt 8. Piston ring 4b is prepared in the piston 4. The cylinder-head cover 80 is formed in the cylinder head 6.

[0029] The combustion chamber 12 is formed by head 4a of the sleeve 3 of a cylinder block 2, and a piston 4, and the cylinder head 6. The ignition plug 86 is attached in the cylinder head 6 so that a combustion chamber 12 may be attended.

[0030] Moreover, the inhalation-of-air path 13 and a flueway 14 are formed in the cylinder head 6, and the set inlet pipe 15 is connected to the inhalation-of-air path 13. Moreover, an exhaust manifold 16 is connected to a flueway 14.

[0031] Opening which attends the combustion chamber 12 of the inhalation-of-air path 13 is opened and closed by the inlet valve 18, and opening which attends the combustion chamber 12 of a flueway 14 is opened and closed with an exhaust valve 19. The cams 32a and 33a of cam shafts 32 and 33 have contacted, to the tappets 30 and 31 of an inlet valve 18 and an exhaust valve 19, Cams 32a and 33a push an inlet valve 18 and an exhaust valve 19 through tappets 30 and 31, and, thereby, the inhalation-of-air path 13 and a flueway 14 are opened to them by revolution of cam shafts 32 and 33 and closed.

[0032] A water jacket 20 is formed in cylinder-body 2a of a cylinder block 2, it is open for free passage to this water jacket 20, and the water jacket 21 is formed in the cylinder head 6. The surroundings of a combustion chamber 12 are cooled with the cooling water of these water jackets 20 and 21, and a sleeve 3 is dry construction.

[0033] While a sleeve shows the water cooling type four-cycle internal combustion engine of wet structure to drawing 3 and cooling the surroundings of a combustion chamber 12 with the cooling water of a water jacket 20, a sleeve 3 is directly cooled with cooling water. The seal of O ring 85 is prepared and carried out to the lower part of a water jacket 20 between cylinder-body 2a and a sleeve 3.

[0034] Next, manufacture of the cylinder block for internal combustion engines is explained. Drawing 4 is drawing showing the production process of the cylinder block for internal combustion engines.

[0035] An ingredient is formed in the end of rapidly solidified powder (step S1), the cold isostatic press

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

of the ingredient is carried out in this end of rapidly solidified powder, and vacuum sintering of the sleeve raw material (billet) is fabricated and (step S2) carried out (step S3). Then, it extrudes between heating and heat, and sleeve hollow \*\*\*\*\* is formed and it cools (step S4). It heat-treats if needed, this sleeve hollow \*\*\*\*\* is cut and processed (step S5), and a sleeve 3 is formed. This sleeve 3 is cast-wrapped in cylinder-body 2a (step S6), and the honing process of annealing (step S7) and the plating is performed and (step S8) carried out (step S9).

[0036] An ingredient prepares the ingot of the aluminum alloy which made the component of silicon (Si), iron (Fe), and others contain to the base material of aluminum (A1) in the end of rapidly solidified powder in step S1. After dissolving this above about 700 degrees C, it sprinkles in the shape of a fog, and forms as the rapidly-solidified-powder end of an aluminum alloy (powder metal) by the cold or making it solidify by carrying out rapidly the cooling rate of 100 degrees C / above sec.

[0037] The rapidly-solidified-powder end of an aluminum alloy which contains the silicon (Si) whose mean particle diameter of primary phase silicon is 2-10 micrometers or less in 15 - 38% of the weight of the range, for example as an aluminum alloy powder ingredient for forming a sleeve raw material (billet) is used.

[0038] As the rapidly-solidified-powder end of such an aluminum alloy, aluminum (aluminum) is used as a base material, it is about silicon (Si) and there are some which contain chromium (Cr) 0.4 or less % of the weight 1.5 or less % of the weight, and contain [ copper (Cu) / 6.8 or less % of the weight and magnesium (Mg) ] zinc (Zn) for 0.2 - 2 % of the weight and manganese (Mn) in 0.3 or less % of the weight of the range in the whole 1.5 or less % of the weight about iron (Fe) 15 to 38% of the weight.

[0039] In the component in the rapidly-solidified-powder end of the aluminium alloy which was made to increase Si content based on the base of No. 2000 of a convention to such JIS, or the aluminium alloy of 6000, and was made into 15 - 38 % of the weight Silicon (Si) is added in order to raise abrasion resistance and an antiseizure property by making the silicon grain of a hard primary phase or an eutectic crystallize all over a metal texture. Iron (Fe) It is added in order to carry out dispersion strengthening of the metal texture and to obtain high reinforcement above 200 degrees C. Moreover, copper (Cu) and magnesium (Mg) It is added in order to raise the reinforcement in 200 degrees C or less, and about those additions, abrasion resistance, a desired antiseizure property, and desired elevated temperature and required reinforcement can be obtained in the aforementioned range.

[0040] For the sleeve raw material which solidified the rapidly-solidified-powder end of the above aluminium alloys Since disintegration is carried out by sprinkling the dissolved aluminum alloy in the shape of a fog, and carrying out rapid solidification, The silicon (Si) which aluminum alloy powder is set to about about 20-100 micrometers with mean particle diameter, and is contained in it Carrying out disintegration, mean particle diameter is made detailed so that it may be set to 2-10 micrometers, and the hard primary phase silicon (Si) made to crystallize all over the metal texture of the aluminum alloy to solidify is distributed for every aluminum alloy particle.

[0041] on the other hand in step S2, it is -- it is -- the hydrostatic-pressure press which carries out the load of the hydrostatic pressure to a plunger is carried out inserting a plunger into a mold from a clear aperture, and maintaining a plunger and a mold at a watertight condition after an appropriate time putting and carrying out degassing of the end material of rapidly solidified powder of the above-mentioned aluminium alloy into the mold which has a clear aperture in the direction of plurality, and an ingredient is hardened in the end of rapidly solidified powder.

[0042] a step -- S -- three -- setting -- beforehand -- hardening -- carrying out -- having had -- rapidly solidified powder -- an end -- an ingredient -- sintering -- a mold -- inside -- holding -- having -- a mold -- the interior -- vacuum suction -- carrying out -- having -- while -- heating -- application of pressure -- carrying out -- having -- mixing of air -- almost -- there is nothing -- rather than -- a precise solid lump -- carrying out -- having .

[0043] in step S4, a solid lump is held in an extrusion mold and it heats -- having -- the mouthpiece of an extrusion mold -- it extrudes, the shape of the round bar, i.e., hollow \*\*\*\*\*, in the air, it is cut from the section in the cooled part, and considers as the hollow round bar of predetermined length. In addition, in this step S4, the parameter on a process is adjusted so that it may become 40 or more Rockwell hardness (HRB) about the degree of hardness of sleeve hollow \*\*\*\*\* after extrusion and cooling.

[0044] in step S5, it is cut by sleeve raw material die length, and an inside-and-outside form and an

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

edge process it -- having -- cast-wrapping -- business -- a sleeve is formed.

[0045] cylinder-body 2a of the sleeve 3 in step S6 -- cast-wrapping -- cylinder die-casting shaping which cast-wraps a sleeve 3 is carried out. this case -- cast-wrapping -- a sleeve 3 is held in metal mold, and it is in the condition which supported a part of sleeve inner circumference by supporter material, and carries out by leading the molten metal of a predetermined aluminum alloy to the opening between metal mold and a sleeve periphery with high voltage. And each part of a cylinder block 2 and machining of a cylinder bore are carried out.

[0046] Even if it binds tight by the difference between the base material under operation, and the coefficient of thermal expansion of a sleeve and the force declines by a sleeve's cast-wrapping and forming irregularity in front at a sleeve peripheral face, the omission of a sleeve can be prevented certainly. The irregularity of such a sleeve peripheral face can be formed with pickling (etching) of other machining or the whole sleeve etc. besides shot blasting. Moreover, it replaces with the approach of forming irregularity in a sleeve periphery with shot blasting etc., and raising junction nature with a base material, a sleeve and a base material are joined using low-melt point point solder, and it is [ prevention / of a sleeve / omission ] good in drawing.

[0047] Shot blasting means what a shot [ whose particle size is 50–150 micrometers ], superhard bead, and stainless steel ball, a zinc bead, a glass bead, and particle size are projection machines about the river sand containing many a little larger quartzes etc., for example, projects a work piece at the projection rate of 40 – 80 m/s here.

[0048] Annealing is carried out in step S7. Heat treatment conditions are adjusted so that it may become 40 or more Rockwell hardness (HRB) about the degree of hardness of the sleeve 3 after this annealing.

[0049] The plating processing in step S8 is plating of a sleeve inner surface, and consists of five processes of pretreatment which consists of cleaning processing, alkali etching processing, and mixed-acid etching processing, alumite processing of surface treatment, and compound plating processing fundamentally, and rinsing processing is performed after each process.

[0050] And while performing honing to the deposit of sleeve inner skin by honing (step S9) after the above plating processing (step S8) and setting thickness of a plating coat to 20 micrometers – 100 micrometers desirably depending on about 50 micrometers and the case, field granularity of a deposit is made below into 1.0micromRz. While being able to smooth a deposit front face certainly by this and being able to make small coefficient of friction at the time of sliding of a piston 4 and piston ring 4b, the holdout of an engine oil can improve and lubricity can be raised. In addition, it is set to B0601 of JIS in Rz.

[0051] An ingot extruded material is used for the conventional sleeve base material, and this ingot extruded material has a comparatively low silicone content in it. In the process which a coefficient of thermal expansion is equivalent to the aluminium cast ingredient of a surrounding cylinder body, or is less than [ it ], and cast material solidifies in case this cylinder block is manufactured and a sleeve base material is cast with an aluminum die casting. That a clearance is generated between a sleeve base material and an aluminium cast, for this reason the precision at the time of the bore grinding process in an after process gets worse to \*\* Li and a pan existence of a clearance. Since thermal conductivity worsens selectively, aggravation of configurations, such as cylindricity of a sleeve and roundness, is caused and it has become buildup of an oil consumption, and the cause of degradation of the engine performance.

[0052] Thus, with the aluminum alloy casting which made the silicon (Si) content 15 – 38 % of the weight, although formation \*\*\*\*\* is effective between a sleeve base material and an aluminium cast because a clearance does not make it generated, a sleeve 3 In the usual cast material, since a primary phase Si grain is set to several 10 micrometers or more, even if it is going to form a plating layer in a front face, it not only may produce plating exfoliation at the time of processing, but adhesion is bad and sufficient endurance, such as producing plating exfoliation also during operation, is not acquired.

[0053] For this reason, a sleeve 3 is that mean particle diameter carries out condensation solidification, and forms the aluminum alloy powder which is 20–100 micrometers, and is using this silicon (Si) as the primary phase silicon (Si) whose mean particle diameter is 2–10 micrometers. Moreover, the aluminum alloy which constitutes a sleeve 3 is made to contain silicon (Si) 15 to 38% of the weight, as described above, coefficient of linear expansion of a sleeve 3 is set to 15–22 (at 200 degrees C), it considers

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

smaller than the coefficient of linear expansion of cylinder-body 2a (for example, coefficient of linear expansion 20 (at 200 degrees C) of aluminum alloy ADC12 for JIS die casting), and coefficient of linear expansion of a sleeve 3 is made into the value smaller at least 10% than the coefficient of linear expansion of cylinder-body 2a.

[0054] Therefore, when the sleeve 3 made from an aluminium alloy is cast-wrapped in cylinder-body 2a of aluminium alloy casting, While the molten metal by the side of cylinder-body 2a encloses on the periphery of a sleeve 3, and a sleeve 3 is heated and expanding thermally Cylinder-body 2a follows on being cooled gradually the \*\*\*\* back, and cools and carries out the heat shrink also of the sleeve 3, when carrying out cooling coagulation, contract the molten metal by the side of cylinder-body 2a, and further, temperature follows on falling, and although a heat shrink is carried out Silicon (Si) is made to contain 15 to 38% of the weight, and it is a value smaller at least 10% than the coefficient of linear expansion of cylinder-body 2a about the coefficient of linear expansion of a sleeve 3. The sleeve bolting force by the solidification shrinkage by the side of cylinder-body 2a and the heat shrink after coagulation is not eased, and a clearance is not generated between a sleeve 3 and cylinder-body 2a.

[0055] Moreover, it forms with extrusion in the end of rapidly solidified powder it has the chemical composition which added silicon (Si) to the aluminum alloy in a sleeve base material using a solidification extrusion formation ingredient. By adjusting this extrusion condition, for example, an extrusion rate, temperature, etc., the hollow round bar, Form the continuous projection parallel to the die-length direction with a height of 0.1-2mm, or it reaches. Even after distributing uniformly a minute crack with a depth of 10 micrometers - 1mm over a front face and processing it into a sleeve, on a periphery front face, by a projection or reaching and leaving a minute crack, junction to cylinder-body 2a can be strengthened, and transfer of heat can be made into homogeneity.

[0056] Moreover, it is although the temperature of a sleeve 3 becomes lower than the temperature (value near the melting temperature of an aluminum alloy) when cast-wrapping also in operational status (since air cooling and water cooling are made). 100 degrees C - about 300 degrees C and silicon (Si) are made to contain 15 to 38% of the weight. It is a value smaller at least 10% than the coefficient of linear expansion of cylinder-body 2a about the coefficient of linear expansion of a sleeve 3. The sleeve bolting force is maintained and a clearance does not occur between a sleeve 3 and cylinder-body 2a. The cylindricity of sleeve inner circumference and roundness are maintained, heat transfer from a sleeve 3 to a cylinder-body side can be good, and can hot-spot-size, and printing by the piston 4 can be prevented.

[0057] Predetermined plating is performed after casting \*\*\*\*\* (ordinary temperature condition), and honing is carried out. Moreover, the cylindricity of sleeve 3 inner circumference, If an internal combustion engine is operated after raise roundness, attaching a crankshaft, a piston, etc. to a cylinder block 2, concluding the cylinder head 6 with a bolt 8 further, assembling as an internal combustion engine and completing A sleeve 3 expands thermally and rigidity goes up the circumference of two or more boltholes of the cylinder body 2 of a sleeve periphery with which bolt conclusion of the cylinder head 6 is carried out at this time. Although the resistance over thermal expansion of cylinder-body 2a used as the pars intermedia of the bolthole of a sleeve periphery is small while resisting thermal expansion Silicon (Si) is made to contain 15 to 35% of the weight, and it is a value smaller at least 10% than the coefficient of linear expansion of cylinder-body 2a about the coefficient of linear expansion of a sleeve 3. The sleeve 3 of thermal expansion is small, the cylindricity of sleeve inner circumference and roundness can be maintained, the isolation nature of the combustion chamber 12 and crank case 7 by piston ring 4b can improve, and buildup of oil consumption, the fuel consumption aggravation by the blow by of combustion gas, and oil degradation can be prevented.

[0058] Moreover, it not only can prevent a clearance from being generated between a sleeve 3 and cylinder-body 2a, but the adhesion of plating is securable. In the alkali etching process which is pretreatment of plating, since silicon (Si) particle size is sufficiently as small as 2-10 micrometers, this is because the deposit of nickel-P plating is not checked.

[0059] Thus, the aluminum alloy which constitutes a sleeve 3 from invention is made to contain silicon (Si). By using this silicon (Si) as the primary phase silicon (Si) whose average grain size is 2-10 micrometers, and carrying out alkali etching processing at the inner skin of a sleeve 3 The silicon (Si) of sleeve inner skin is removed by alkali etching processing, and irregularity is formed in sleeve inner skin, and moreover, since the mean particle diameter of a silicon (Si) particle is small Can form detailed

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

irregularity precisely, the plane-of-union product of sleeve inner skin and a deposit increases, and much more improvement in affinity is possible. There is an anchor effect by irregularity, heat transfer area can increase by the increment in a plane-of-union product further, heat can be promptly radiated in the heat of the combustion gas added to a deposit, and it is a pile to a lifting about exfoliation of a deposit.

[0060] Moreover, by making the aluminum alloy which constitutes a sleeve 3 contain silicon (Si) 15 to 35% of the weight, since there are many silicon (Si) contents and the mean diameter of a silicon (Si) particle is small, more detailed irregularity can be formed precisely, the plane-of-union product of sleeve inner skin and a deposit increases, and much more improvement in affinity is possible. That is, since heat transfer of the heat from a sleeve 3 inner-circumference front face is carried out good through a deposit and sleeve 3 body to a cylinder-body side, a hot spot cannot be easily made by it on sleeve 3 front face, and it can prevent printing by the piston 4.

[0061] The production process when using a solidification extrusion formation ingredient in the end of rapidly solidified powder it has as an example the chemical composition which added 25% of the weight of silicon (Si) to the basic chemical entity of JIS2000 system or JIS6000 system in a sleeve base material was manufactured according to the process of drawing 4.

[0062] The rapidly-solidified-powder end of the aluminum alloy of this JIS2000 system Aluminum (aluminum) is used as a base material. In the whole silicon (Si) 15 – 38 % of the weight, Copper (Cu) 1.5 or less % of the weight for iron (Fe) 1.5 – 6.8 % of the weight, Manganese (Mn) was made and chromium (Cr) was made into less than [ (Zinc Zn) 0.3 % of the weight ] and less than [ (Titanium Ti) 0.2 % of the weight ] for magnesium (Mg) 0.1 or less % of the weight 0.2 to 1.2% of the weight 1.8 or less % of the weight.

[0063] The rapidly-solidified-powder end of the aluminum alloy of this JIS6000 system Aluminum (aluminum) is used as a base material. In the whole silicon (Si) 15 – 38 % of the weight, Magnesium (Mg) 0.4 or less % of the weight for copper (Cu) 1.0 or less % of the weight 0.35 – 1.5 or less % of the weight, [ iron (Fe) ] Manganese (Mn) was made and chromium (Cr) was made into less than [ (Zinc Zn) 0.25 % of the weight ] and less than [ (Titanium Ti) 0.15 % of the weight ] 0.35 or less % of the weight 0.8 or less % of the weight.

[0064] The example 1 performed nickel-P-SiC distribution compound plating to this inner surface by using a solidification extruded material as a sleeve base material by JIS6000 system in the end of 6061-25Si rapidly solidified powder.

[0065] The example 2 performed nickel-P-SiC distribution compound plating to this inner surface by using a solidification extruded material as a sleeve base material by JIS6000 system in the end of 6061+2 – 4Fe-25Si rapidly solidified powder.

[0066] The example 3 performed nickel-P-SiC distribution compound plating to this inner surface by using a solidification extruded material as a sleeve base material by JIS2000 system in the end of 2017 or 2024-25Si rapidly solidified powder.

[0067] In this example, oil consumption reduction is an improvement of cylinder deformation, and it noted improving the sleeve adhesion after casting to this. Paying attention to changing into low coefficient-of-linear-expansion sleeve material, the usual low coefficient-of-linear-expansion material performed selection of a light weight and heat transfer fitness material from the iron system, and was taken as aluminum composite at the improvement of sleeve adhesion.

[0068] The physical properties of this sleeve material and a mechanical property were compared, it was shown in a table 1, and low coefficient-of-linear-expansion aluminum was used as the base material, and it is the sleeve which formed hard anodic oxidation coatings in the internal surface, and as shown in a table 1, the coefficient of linear expansion alpha of a sleeve base material was reduced as compared with the aluminum alloy material of 12Si-3Cu, and cylinder-body ADC12. It cast-wrapped, and the ratio with the coefficient of linear expansion of cylinder-body ADC12 which is \*\* is 0.85, and the bolting deformation at the time of the cast of a sleeve has been improved.

[0069]

[A table 1]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

特性比較		6061+25Si				12Si-3Cu		ADC12	
分類	パラメータ		T1	T6	T1/ Cast/AN	T6/ Cast/AN	T1	T6	T6/ Cast/AN
	密度	g/cm <sup>3</sup>	26.8				2.84		to be filled
物理的 性質	吸収熱 (RT-200°C)	ppm/°C		16.8			21.4 (20.6)		20
	熱伝導度	W/mK	135	142			184		—
	固相線	°C							—
	ヤング率	Gpa	84				(77)		—
機械的性 質(100hr. 保持後)	耐力RT	Mpa	253				(108)	(402)	—
	耐力150°C	Mpa	245						—
	引張り強度 RT	Mpa	330			237	288	(441)	—
	引張り強度 150°C	Mpa	321						—
	伸びRT	%				1.8	13	(2)	—
	伸び150°C	%	3.3	0.7					—
	高温引張 強度150°C	Mpa					74 (86)	38	—
	硬度RT	HRB	40 (20-53)	78 (45-88)		30		(173)	—
		Hv	72-102	130-148					—
	疲労強度RT	Mpa							—
	疲労強度 150°C	Mpa							—
製造要件	押出し 成形性		○				○		—
	被削性				—	—			—
	めっき性	加熱急冷 試験	○	○	○	○	○	○	—
		打ち抜き 試験	○	○	○	○	○	○	—
		付り試験	▲	○	○	○	▲	○	—
		めっき層 硬度			○	○		○	—

Moreover, as it cast-wraps by annealing of 250 degree-Cx 1 hour which carries out after [ heating ] gradual cooling and the interface clearance at the time shows in a table 2, it decreases. The interface clearance between a sleeve and a cylinder body was measured by eight places to the circumferencial direction of a sleeve. The thing of a boa No4 stops die cooling as abnormalities.

[0070]

[A table 2]

試料 No.	仕様	ボア No.	断面深さ	隙間幅(μm)								最大 隙間幅
				①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
1	6061+25Si as Cast	#1	5mm									0
		#2										0
		#3										0
		#4										0
		#1	40mm									0
		#2										0
		#3										0
		#4										0
		#1	70mm					10				10
		#2										0
		#3										0
		#4						50				50
2	6061+25Si 250°C × 1hr	#1	5mm									0
		#2										0
		#3										0
		#4										0
		#1	40mm									0
		#2										0
		#3										0
		#4										0
		#1	70mm					30				30
		#2										50
		#3						50				50
		#4						80	50			80

If it cast-wraps and the interface clearances at the time decrease in number, as shown in a table 1, the Young's modulus of a liner base material will improve, the roundness of the cylinder after honing and

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

cylindricity will be improved, and the flatness nature of the piston ring and seal nature will be improved. [0071] Moreover, if it cast-wrapped and the interface clearances at the time decreased in number, equalization and an improvement of heat transfer nature would be made, the improvement of the local deformation under operation would be attained, the roundness of the cylinder after honing and cylindricity will have been improved, the flatness nature of the piston ring and seal nature will have been improved, and the oil consumption will have been improved.

[0072] In said example 1 thru/or example 3, as shown in drawing 5, while forming the continuous projection 100 parallel to the die-length direction with a height of 0.1-2mm in the outside surface of a sleeve base material by carrying out extrusion in the end of rapidly solidified powder using a solidification extrusion formation ingredient, and adjusting this extrusion condition, for example, an extrusion rate, temperature, etc., the minute crack 101 with a depth of 10 micrometers - 1mm was uniformly distributed over the front face.

[0073] It is drawing showing the relation between the sleeve surface \*\*\*\* depth, sleeve reinforcement, and an interface clearance, and a depth of 10 micrometers - 1mm has large sleeve reinforcement on a front face, it can make an interface clearance small, and is the optimal range of \*\*\*\*, and by distributing uniformly the minute crack 101 with a depth [ this ] of 10 micrometers - 1mm, drawing 6 can strengthen junction to cast cylinder-body 2a, and can make transfer of heat homogeneity.

[0074] In said example 1 thru/or example 3, although distributed plating of the nickel system containing Lynn and an eutectoid object is performed at high speed and distributed plating of (Nickel nickel)-(Lynn P)-silicon carbide (SiC) is performed at high speed, this nickel-P-SiC distribution plating has the following properties.

[0075] When nickel-P-SiC distribution plating is performed to the inner skin of a sleeve 3, the plating film 50 which contains the nickel-P matrix 51 and the eutectoid particle 52 of SiC in the inner skin of a sleeve 3 is formed. Although the oil pocket 53 which benefits lubrication from a honing eye is formed in the front face of this plating film 50, if sliding of the piston 5 by operation is repeated, when remaining and wearing the nickel-P matrix 51 out, the new oil pocket 54 will produce the eutectoid particle 52 of hard silicon carbide (SiC) further. Therefore, oil lubrication can be made to perform good over a long period of time.

[0076] Moreover, if the relation between temperature and a plating degree of hardness is investigated about the above-mentioned nickel-P-SiC distribution plating, nickel-SiC distribution plating, and hard chrome plating and especially nickel-P-SiC distribution plating will be heat-treated at about 350 degrees C, a degree of hardness will be higher than hard chrome plating, and a degree of hardness will be substantially raised compared with nickel-SiC distribution plating which does not contain Lynn (P). This shows that the degree of hardness after heat treatment is raised by making Lynn contain.

[0077] In this example, when the adhesion of plating was evaluated by the file trial, the drill perforation trial, the heating quenching trial, etc. about what plated to the tabular test piece, it was checked that adhesion is improving clearly compared with ingot material. Moreover, maintaining the output engine performance, when an internal combustion engine's durability test was performed, the conventional thing reduced to 2 by about 1/was checked, and oil consumption did not generate troubles, such as plating exfoliation, at all.

[0078]

[Effect of the Invention] As explained above, in invention according to claim 1, thermal conductivity, workability, and plating nature are not spoiled and coefficient of linear expansion of a sleeve is made to a value smaller than the coefficient of linear expansion of a cylinder body.

[0079] In invention according to claim 2, since the coefficient of linear expansion of a sleeve is smaller than the coefficient of linear expansion of a cylinder body, the sleeve bolting force by the solidification shrinkage by the side of a cylinder body and the heat shrink after coagulation does not decline, a clearance is lost between a sleeve and a cylinder body, heat transfer from a sleeve to a cylinder-body side can be good, and can hot-spot-ize, and printing by the piston can be prevented.

[0080] In invention according to claim 3, the sleeve bolting force by the solidification shrinkage by the side of a cylinder body and the heat shrink after coagulation does not decline more by having made coefficient of linear expansion of a sleeve into the value smaller at least 10% than the coefficient of linear expansion of a cylinder body, and a clearance is further lost between a sleeve and a cylinder body.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[0081] By invention according to claim 4, by making the aluminium alloy which constitutes a sleeve contain silicon (Si) 15 to 38% of the weight, coefficient of linear expansion of a sleeve can be made small, and, moreover, thermal conductivity, workability, and plating nature are not spoiled.

[0082] By invention according to claim 5, by using silicon (Si) as the primary phase silicon (Si) whose mean diameter is 2-10 micrometers, coefficient of linear expansion of a sleeve can be made smaller, and, moreover, thermal conductivity, workability, and plating nature are not spoiled.

[0083] By invention according to claim 6, by carrying out condensation solidification and forming the end of an aluminum alloy powder whose mean particle diameter is 20-100 micrometers about a sleeve, coefficient of linear expansion of a sleeve can be made smaller, and, moreover, thermal conductivity, workability, and plating nature are not spoiled.

[0084] In addition to claim 2 thru/or claim 6, by making coefficient of linear expansion of a piston larger than the coefficient of linear expansion of a sleeve, the cylindricity of sleeve inner circumference and roundness can be maintained, the isolation nature of the combustion chamber and crank case by the piston ring can improve, and buildup of oil consumption, the fuel consumption aggravation by the blow by of combustion gas, and oil degradation can be prevented by invention according to claim 7.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] A sleeve is the sectional view of the water cooling type four-cycle internal combustion engine of dry construction.

[Drawing 2] It is the sectional view which meets the II-II line of drawing 1.

[Drawing 3] A sleeve is the sectional view of the water cooling type four-cycle internal combustion engine of wet structure.

[Drawing 4] It is drawing showing the production process of the cylinder block for internal combustion engines.

[Drawing 5] It is drawing showing the condition of the outside surface of a sleeve base material.

[Drawing 6] It is drawing showing the relation between the sleeve surface \*\*\*\* depth, sleeve reinforcement, and an interface clearance.

[Description of Notations]

1 Water Cooling Type Four-Cycle Internal Combustion Engine

2 Cylinder Block for Internal Combustion Engines

2a Cylinder body

3 Sleeve

4 Piston

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-174140  
(P2002-174140A)

(43)公開日 平成14年6月21日(2002.6.21)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	コード(参考)
F 02 F	1/00	F 02 F	1/00
B 22 D	19/08	B 22 D	19/08
	21/04		21/04
B 22 F	3/20	B 22 F	3/20
	5/00		5/00

審査請求 未請求 請求項の数? OL (全 10 頁) 最終頁に統べ

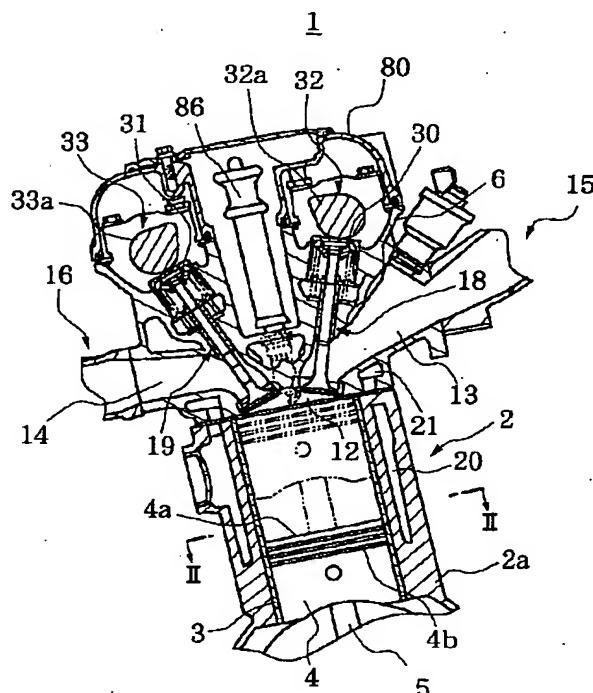
(21)出願番号	特願2000-370518(P2000-370518)	(71)出願人	000010076 ヤマハ発動機株式会社 静岡県磐田市新貝2500番地
(22)出願日	平成12年12月5日(2000.12.5)	(72)発明者	安達修平 静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機 株式会社内
		(72)発明者	三橋正博 静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機 株式会社内
		(74)代理人	100081709 弁理士鶴若俊雄

(54) 【発明の名称】 シリンダスリープ及び内燃機関用シリンダブロック並びに内燃機関

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】ピストンとの焼き付きを防止し、また燃費悪化、オイル劣化を防止することが可能である。

【解決手段】シリンドラスリーブは、スリーブ基材に、アルミニウム合金に15～38重量%のシリコン(Si)を加えた化学組成をもつ急冷凝固粉末固化押し出し形成材料を用いて形成したので、熱伝導性、加工性、メッキ性を損なうことがなく、スリーブの線膨張係数をシリンドラ本体の線膨張係数より小さな値にできる。また、アルミニウム合金製のスリーブ3を、アルミニウム合金鋳造製のシリンドラ本体2aに鋳込んだ内燃機関用シリンドラブロック2であり、スリーブ3の線膨張係数をシリンドラ本体の線膨張係数より小さくしたので、シリンドラ本体側の凝固収縮及び凝固後の熱収縮によるスリーブ締め付け力が低下することができなく、スリーブからシリンドラ本体側への熱伝達が良好でピストンとの焼き付きを防止することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】スリーブ基材に、アルミニウム合金に15～38重量%のシリコン(Si)を加えた化学組成をもつ急冷凝固粉末固化押し出し形成材料を用いて形成したことを特徴とするシリンドラスリーブ。

【請求項2】アルミニウム合金製のスリーブを、アルミニウム合金铸造製のシリンドラ本体に鋳込んだ内燃機関用シリンドラブロックであり、前記スリーブの線膨張係数をシリンドラ本体の線膨張係数より小さくしたことを特徴とする内燃機関用シリンドラブロック。

【請求項3】前記スリーブの線膨張係数をシリンドラ本体の線膨張係数より少なくとも10%小さな値にしたことを特徴とする請求項2に記載の内燃機関用シリンドラブロック。

【請求項4】前記スリーブを構成するアルミニウム合金に、シリコン(Si)を15～38重量%含有させたことを特徴とする請求項2または請求項3に記載の内燃機関用シリンドラブロック。

【請求項5】前記シリコン(Si)を平均粒径が2～10μmの初晶シリコン(Si)としたことを特徴とする請求項4に記載の内燃機関用シリンドラブロック。

【請求項6】前記スリーブを平均粒径が20～100μmのアルミニウム合金粉末を凝集固化して形成したことを特徴とする請求項2乃至請求項5のいずれか1項に記載の内燃機関用シリンドラブロック。

【請求項7】請求項2乃至請求項6のいずれかに記載の内燃機関用シリンドラブロックのシリンドラ内にピストンを往復動可能に収納し、このピストンの線膨張係数をスリーブの線膨張係数より大きくしたことを特徴とする内燃機関。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、シリンドラスリーブ及び内燃機関用シリンドラブロック並びに内燃機関に関する。

## 【0002】

【従来の技術】内燃機関には、アルミニウム合金製のスリーブを、アルミニウム合金铸造製のシリンドラ本体に鋳包むスリーブ内面に所定のメッキを施すようにして製造する内燃機関用シリンドラブロックを備えるものがあり、内燃機関用シリンドラブロックは軽量で良好な熱伝導性によって高性能エンジンを成立させる重要な要素である。

【0003】この内燃機関用シリンドラブロックの鋳包まれるアルミニウム合金製のスリーブは、例えば铸造パイプや連続铸造押し出しパイプ材に所定の加工を施して製作していた。

【0004】また、従来スリーブ材には、12Si-3Cu-アルミニウム材等の材料を使用していた。シリンドラ本体は铸造性の良い金型铸造の場合にはJIS AC 50

2B等、ダイカスト製造の場合にはJIS ADC12材等铸造性の良い材料を使用していた。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、アルミニウム合金製のスリーブを、アルミニウム合金铸造のシリンドラ本体に鋳包む場合、スリーブの外周にシリンドラ本体側の溶湯が取り囲み、スリーブが加熱されて熱膨張する一方、シリンドラ本体が湯込め後次第に冷却されるに伴ってスリーブも冷却されて熱収縮する。シリンドラ本体側の溶湯は、冷却凝固するとき収縮し、さらに温度が低下するに伴って熱収縮する。スリーブの線膨張係数が高いと、シリンドラ本体側の凝固収縮及び凝固後の熱収縮によるスリーブ締め付け力が緩和されてしまう。

【0006】また、内燃機関の運転状態においてもスリーブの温度は鋳包む時の温度(アルミニウム合金の溶融温度に近い値)より低くなる(空冷、水冷がなされるので、100°C～300°C程度)。内燃機関では、スリーブの線膨張係数が高いと、スリーブ締め付け力が緩和されたままであり、シリンドラ本体との間で隙間が発生する場合がある。このシリンドラ本体との間で隙間でスリーブからシリンドラ本体側への熱伝達が阻害され、ホットスポット化し、ピストンとの焼き付きが発生したりする。

【0007】また、铸造完了後(常温状態)、所定のメッキを施し、ホーニング仕上げをしてスリーブ内周の円筒度、真円度を上げても、シリンドラブロックにクランク軸やピストン等を組み付け、さらにシリンドラヘッドをボルト締結して内燃機関として組み立て完了した後、内燃機関を運転すると、スリーブが熱膨張する。この時シリンドラヘッドがボルト締結されるスリーブ外周のシリンドラ本体の複数のボルト穴回りは剛性が上がり、熱膨張に抵抗する一方、スリーブ外周のボルト穴の中間部となるシリンドラ本体は熱膨張に対しての抵抗性は小さいので、スリーブの線膨張係数が高いとスリーブ内周の円筒度、真円度が維持されず、ピストンリングによる燃焼室とクランク室との隔離性が低下し、オイル消費量の増大、燃焼ガスの吹き抜けによる燃費悪化、オイル劣化が起きる。

【0008】この発明は、かかる実情に鑑みてなされたもので、ピストンとの焼き付きを防止し、また燃費悪化、オイル劣化を防止することが可能なシリンドラスリーブ及び内燃機関用シリンドラブロック並びに内燃機関を提供することを目的としている。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決し、かつ目的を達成するために、この発明は、以下のように構成した。

【0010】請求項1に記載の発明は、『スリーブ基材に、アルミニウム合金に15～38重量%のシリコン(Si)を加えた化学組成をもつ急冷凝固粉末固化押し出し形成材料を用いて形成したことを特徴とするシリ

ダスリーブ。』である。

【0011】請求項1に記載の発明によれば、熱伝導性、加工性、メッキ性を損なうことがなく、スリーブの線膨張係数をシリンダ本体の線膨張係数より少なくとも10%小さな値にできる。

【0012】請求項2に記載の発明は、『アルミニウム合金製のスリーブを、アルミニウム合金鋳造製のシリンダ本体に鋳包んだ内燃機関用シリンダブロックであり、前記スリーブの線膨張係数をシリンダ本体の線膨張係数より小さくしたことを特徴とする内燃機関用シリンダブロック。』である。

【0013】請求項2に記載の発明によれば、スリーブの線膨張係数がシリンダ本体の線膨張係数より小さいことから、シリンダ本体側の凝固収縮及び凝固後の熱収縮によるスリーブ締め付け力が低下することなく、スリーブとシリンダ本体との間で隙間がなくなり、スリーブからシリンダ本体側への熱伝達が良好でホットスポット化し、ピストンとの焼き付きを防止することができる。

【0014】請求項3に記載の発明は、『前記スリーブの線膨張係数をシリンダ本体の線膨張係数より少なくとも10%小さな値にしたことを特徴とする請求項2に記載の内燃機関用シリンダブロック。』である。

【0015】請求項3に記載の発明によれば、スリーブの線膨張係数をシリンダ本体の線膨張係数より少なくとも10%小さな値にすることで、シリンダ本体側の凝固収縮及び凝固後の熱収縮によるスリーブ締め付け力がより低下することなく、さらにスリーブとシリンダ本体との間で隙間がなくなる。

【0016】請求項4に記載の発明は、『前記スリーブを構成するアルミニウム合金に、シリコン(Si)を15~38重量%含有させたことを特徴とする請求項2または請求項3に記載の内燃機関用シリンダブロック。』である。

【0017】請求項4に記載の発明によれば、スリーブを構成するアルミニウム合金に、シリコン(Si)を15~38重量%含有することで、スリーブの線膨張係数を小さくでき、しかも熱伝導性、加工性、メッキ性を損なうことがない。

【0018】請求項5に記載の発明は、『前記シリコン(Si)を平均粒径が2~10μmの初晶シリコン(Si)としたことを特徴とする請求項4に記載の内燃機関用シリンダブロック。』である。

【0019】請求項5に記載の発明によれば、シリコン(Si)を平均粒径が2~10μmの初晶シリコン(Si)とすることで、スリーブの線膨張係数をより小さくでき、しかも熱伝導性、加工性、メッキ性を損なうことがない。

【0020】請求項6に記載の発明は、『前記スリーブを平均粒径が20~100μmのアルミニウム合金粉末を凝集固化して形成したことを特徴とする請求項2乃至

10 請求項5のいずれか1項に記載の内燃機関用シリンダブロック。』である。

【0021】請求項6に記載の発明によれば、スリーブを平均粒径が20~100μmのアルミニウム合金粉末を凝集固化して形成することで、スリーブの線膨張係数をより小さくすることができ、しかも熱伝導性、加工性、メッキ性を損なうことがない。

【0022】請求項7に記載の発明は、『請求項2乃至請求項6のいずれかに記載の内燃機関用シリンダブロックのシリンダ内にピストンを往復動可能に収納し、このピストンの線膨張係数をスリーブの線膨張係数より大きくしたことを特徴とする内燃機関。』である。

【0023】請求項7に記載の発明によれば、請求項2乃至請求項6に加え、ピストンの線膨張係数をスリーブの線膨張係数より大きくすることで、スリーブ内周の円筒度、真円度が維持され、ピストンリングによる燃焼室とクランク室との隔離性が向上し、オイル消費量の増大、燃焼ガスの吹き抜けによる燃費悪化、オイル劣化を防止することができる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、この発明のシリンダスリーブ及び内燃機関用シリンダブロック並びに内燃機関の実施の形態について図面に基づいて説明する。

【0025】この発明は、内燃機関用シリンダブロックを備える水冷式あるいは空冷式の4サイクル内燃機関及び2サイクル内燃機関に適用され、またスリーブは湿式構造あるいは乾式構造に適用される。

【0026】図1は水冷式4サイクル内燃機関の断面図、図2は図1のII-II線に沿う断面図である。

【0027】この内燃機関の一例として、図1及び図2にスリーブが乾式構造の水冷式4サイクル内燃機関を示すが、この発明はこの実施の形態に限定されない。

【0028】車両の4サイクルエンジン1は、直列4気筒エンジンが用いられる。4サイクルエンジン1のシリンダブロック2は、シリンダ本体2aとスリーブ3から構成され、このスリーブ3にピストン4が往復動可能に設けられている。このピストン4の往復動でコンロッド5を介してクランク室7に配置された図示しないクランク軸が回転する。シリンダブロック2にはシリンダヘッド6が設けられ、ボルト8によりシリンダブロック2に締付固定されている。ピストン4には、ピストンリング4bが設けられている。シリンダヘッド6にはヘッドカバー80が設けられている。

【0029】シリンダブロック2のスリーブ3、ピストン4の頭部4aと、シリンダヘッド6とで燃焼室12が形成されている。シリンダヘッド6には燃焼室12に臨むように点火プラグ86が取り付けられている。

【0030】また、シリンダヘッド6には吸気通路13と排気通路14が形成され、吸気通路13には集合吸気管15が接続される。また、排気通路14には集合排気

管 16 が接続される。

【0031】吸気通路 13 の燃焼室 12 に臨む開口部は吸気弁 18 で開閉され、排気通路 14 の燃焼室 12 に臨む開口部は排気弁 19 で開閉される。吸気弁 18 及び排気弁 19 のタペット 30, 31 には、カム軸 32, 33 のカム 32a, 33a が当接しており、カム軸 32, 33 の回転によってカム 32a, 33a がタペット 30, 31 を介して吸気弁 18 及び排気弁 19 を押動し、これにより吸気通路 13 と排気通路 14 を開閉する。

【0032】シリンダブロック 2 のシリンダ本体 2a には水ジャケット 20 が形成され、この水ジャケット 20 に連通してシリンダヘッド 6 に水ジャケット 21 が形成されている。この水ジャケット 20, 21 の冷却水により燃焼室 12 の周りを冷却するようになっており、スリーブ 3 が乾式構造である。

【0033】図3にスリーブが湿式構造の水冷式4サイクル内燃機関を示し、水ジャケット 20 の冷却水により燃焼室 12 の周りを冷却すると共に、冷却水によりスリーブ 3 を直接冷却するようになっている。水ジャケット 20 の下部には、シリンダ本体 2a とスリーブ 3 との間にOリング 85 を設けてシールしている。

【0034】次に、内燃機関用シリンダブロックの製造について説明する。図4は内燃機関用シリンダブロックの製造工程を示す図である。

【0035】急冷凝固粉末材料を形成し（ステップS1）、この急冷凝固粉末材料を冷間静水圧プレスしてスリーブ素材（ビレット）を成形し（ステップS2）、真空焼結する（ステップS3）。その後、加熱・熱間押し出し、スリーブ中空素形材を形成し、冷却する（ステップS4）。必要に応じて熱処理し、このスリーブ中空素形材を切断・加工し（ステップS5）、スリーブ 3 を形成する。このスリーブ 3 をシリンダ本体 2a に鋳包み（ステップS6）、焼鈍（ステップS7）、メッキを行ない（ステップS8）、ホーニング処理する（ステップS9）。

【0036】ステップS1における急冷凝固粉末材料は、例えばアルミニウム（A1）の基材に対してシリコン（Si）、鉄（Fe）及びその他の成分を含有させたアルミニウム合金のインゴットを準備して、これを約700°C以上で溶解してから、霧状に散布して冷却速度100°C/s以上で急激に冷やして凝固することで、アルミニウム合金の急冷凝固粉末（パウダーメタル）として形成する。

【0037】スリーブ素材（ビレット）を形成するためのアルミニウム合金粉末材料としては、例えば、初晶シリコンの平均粒径が2~10μm以下であるシリコン（Si）を15~38重量%の範囲で含むようなアルミニウム合金の急冷凝固粉末が使用される。

【0038】このようなアルミニウム合金の急冷凝固粉末として、アルミニウム（A1）を基材とし、全体中

に、シリコン（Si）を15~38重量%、鉄（Fe）を1.5重量%以下、銅（Cu）を6.8重量%以下、マグネシウム（Mg）を0.2~2重量%、マンガン（Mn）を1.5重量%以下、クロム（Cr）を0.4重量%以下、亜鉛（Zn）を0.3重量%以下の範囲で含むようなものがある。

【0039】このようなJISに規定の2000番台あるいは6000のアルミニウム合金をベースにSi含有量を増加させて15~38重量%としたアルミニウム合

10 金の急冷凝固粉末の含有成分において、シリコン（Si）は、金属組織中に硬質の初晶や共晶のシリコン粒を晶出させることで耐摩耗性及び耐焼付性を高めるために添加され、鉄（Fe）は、金属組織を分散強化して200°C以上で高い強度を得るために添加され、また、銅（Cu）及びマグネシウム（Mg）は、200°C以下の強度を高めるために添加されるものであって、それらの添加量については、前記の範囲で所望の耐摩耗性や耐焼付性及び高温での必要な強度を得ることができる。

【0040】前記のようなアルミニウム合金の急冷凝固粉末を固化したスリーブ素材では、溶解したアルミニウム合金を霧状に散布して急冷凝固させることにより粉末化しているため、アルミニウム合金粉末は平均粒径で約20~100μm程度となり、その中に含まれているシリコン（Si）は、粉末化しつつ凝固するアルミニウム合金の金属組織中に晶出させた硬質の初晶シリコン（Si）が平均粒径が2~10μmとなるように微細化されていて、各アルミニウム合金粒子毎に分散されている。

【0041】ステップS2において、一方あるいは複数方向に開放口を有する型内に上記アルミニウム合金の急冷凝固粉末材を込め、エア抜きしつプランジャーを開放口から型内に挿入し、かかる後プランジャーと型とを水密状態に保ったまま、プランジャーに静水圧を負荷する、静水圧プレスが実施され、急冷凝固粉末材料が固められる。

【0042】ステップS3において、予固めされた急冷凝固粉末材料が焼結型内に収容され、型内部の真空引きが実施されるとともに加熱加圧され、空気の混入のほとんど無いより緻密な固形塊とされる。

【0043】ステップS4において、押し出し型に固形塊が収容されて加熱され、押し出し型の口金部から中空の丸棒状なわち中空素形状に押し出され、冷却された部分で切断されて、所定長の中空丸棒とされる。なお、このステップS4において、押し出し・冷却後のスリーブ中空素形材の硬度をロックウェル硬度（HRB）40以上となるように工程上のパラメータを調整する。

【0044】ステップS5において、スリーブ素材長さに切断され、内外形及び端部が加工されて、鋳包み用スリーブが形成される。

【0045】ステップS6におけるスリーブ3のシリンダ本体2aへの鋳包みは、スリーブ3を鋳包むシリンダ

ダイカスト成形が実施される。この場合の鋳包みはスリーブ3を金型内に収容し、スリーブ内周の一部を支持部材で支えた状態で、金型とスリーブ外周との間の隙間に、所定のアルミニウム合金の溶湯を高圧で導くことにより行う。そしてシリンドラブロック2の各部及びシリンドラボアの機械加工が実施される。

【0046】スリーブの鋳包み前にスリーブ外周面に凹凸を形成することにより、運転中の母材とスリーブの熱膨張率の違いにより締め付け力が低下しても、スリーブの抜けを確実に防止できる。このようなスリーブ外周面の凹凸は、ショットブラスト以外にも他の機械加工あるいはスリーブ全体の酸洗い(エッティング)等により形成することができる。また、ショットブラスト等によりスリーブ外周に凹凸を形成して母材との接合性を高める方法に代えて、低融点半田を用いてスリーブと母材とを接合しスリーブの抜け防止を図ってもよい。

【0047】ここでショットブラストとは、粒径が50～150μmの鋼球、超硬ビーズ、ステンレス鋼球、亜鉛ビーズ、ガラスビーズや、粒径はもう少し大きい石英を多く含む川砂等を、投射機で、例えば40～80m/sの投射速度でワークを投射するものを言う。

【0048】ステップS7において焼鈍が実施される。この焼鈍後のスリーブ3の硬度をロックウェル硬度(HRB)40以上となるように熱処理条件を調整する。

【0049】ステップS8におけるメッキ処理は、スリーブ内面のメッキであり、基本的には、脱脂処理、アルカリエッティング処理、混酸エッティング処理からなる前処理と、下地処理のアルマイト処理と、複合メッキ処理の5つの工程からなり、各工程の後に水洗処理が施される。

【0050】そして以上のメッキ処理(ステップS8)の後、ホーニング(ステップS9)でスリーブ内周面のメッキ層にホーニング仕上げを施し、メッキ皮膜の厚みを望ましくは約50μm、場合によっては20μm～100μmとするとともに、メッキ層の面粗さを1.0μmRz以下にする。これにより、確実にメッキ層表面を滑らかにすることができるピストン4及びピストンリング4bの摺動時の摩擦係数を小さくすることができるとともに、エンジンオイルの保持性が向上し潤滑性を向上させることができる。なお、RzとはJIS規格のB0601に定められたものである。

【0051】従来のスリーブ基材には、溶製押し出し材が用いられ、この溶製押し出し材は比較的低いシリコン含有量をもち、熱膨張係数は周囲のシリンドラ本体のアルミニウム鋳物材料と同等かそれ以下であり、このシリンドラブロックを製造する際、スリーブ基材をアルミニウムダイカスト鋳物によって鋳込む際に、鋳物材が凝固する過程において、スリーブ基材とアルミニウム鋳物の間に隙間が生じ、このために後工程における内径研削加工時の精度が悪化することがあり、さらに隙間の存在は、熱

伝導性が部分的に悪くなることから、スリーブの円筒度、真円度などの形状の悪化を招き、オイル消費の増大、性能の劣化の原因となっている。

【0052】このようにシリコン(Si)含有量を15～38重量%としたアルミニウム合金鋳物でスリーブ3を形成することがスリーブ基材とアルミニウム鋳物の間に隙間が生じさせないことで有効であるが、通常の鋳物材料では初晶Si粒が数10μm以上にもなってしまうため、表面にめっき層を形成しようとしても、密着性が悪く、加工時にめっき剥離を生じることがあるだけでなく、運転中にもめっき剥離を生じるなど充分な耐久性を得られない。

【0053】このためスリーブ3は平均粒径が20～100μmのアルミニウム合金粉末を凝集固化して形成することで、このシリコン(Si)を平均粒径が2～10μmの初晶シリコン(Si)としている。また、スリーブ3を構成するアルミニウム合金には、前記したようにシリコン(Si)を15～38重量%含有させ、スリーブ3の線膨張係数を15～22(200°Cにて)とし、シリンドラ本体2aの線膨張係数より小さく(例えば、JISダイカスト用アルミニウム合金ADC12の線膨張係数20(200°Cにて)とし、スリーブ3の線膨張係数をシリンドラ本体2aの線膨張係数より少なくとも10%小さな値にしている。

【0054】したがって、アルミニウム合金製のスリーブ3を、アルミニウム合金鋳造のシリンドラ本体2aに鋳包む場合、スリーブ3の外周にシリンドラ本体2a側の溶湯が取り囲み、スリーブ3が加熱されて熱膨張する一方、シリンドラ本体2aが湯込め後次第に冷却されるに伴ってスリーブ3も冷却されて熱収縮し、シリンドラ本体2a側の溶湯は、冷却凝固するとき収縮し、さらに温度が低下するに伴って熱収縮するが、シリコン(Si)を15～38重量%含有させ、スリーブ3の線膨張係数をシリンドラ本体2aの線膨張係数より少なくとも10%小さな値であり、シリンドラ本体2a側の凝固収縮及び凝固後の熱収縮によるスリーブ3の締め付け力が緩和されず、スリーブ3とシリンドラ本体2aとの間に隙間が生じない。

【0055】また、スリーブ基材に、アルミニウム合金にシリコン(Si)を加えた化学組成をもつ急冷凝固粉末固化押し出し形成材料を用いて押出加工により形成し、この押出加工条件、例えば押出速度、温度等を調整することによって中空丸棒、高さ0.1～2mmの長さ方向に平行な連続した突起を形成する、あるいは及び、表面に深さ10μm～1mmの微小クラックを一様に分布させ、スリーブに加工した後も外周表面に突起、あるいは及び微小クラックを残すようにすることで、シリンドラ本体2aとの接合を強固にし、かつ熱の伝達を均一にすることができる。

【0056】また、運転状態においてもスリーブ3の温度は鋳包む時の温度(アルミニウム合金の溶融温度に近

い値) より低くなるが(空冷、水冷がなされるので、100°C~300°C程度)、シリコン(Si)を15~38重量%含有させ、スリーブ3の線膨張係数をシリンドラ本体2aの線膨張係数より少なくとも10%小さな値であり、スリーブ締め付け力が維持され、スリーブ3とシリンドラ本体2aとの間で隙間が発生することなく、スリーブ内周の円筒度、真円度が維持され、スリーブ3からシリンドラ本体側への熱伝達が良好でホットスポット化し、ピストン4との焼き付きを防止することができる。

【0057】また、鋳造み完了後(常温状態)、所定のメッキを施し、ホーニング仕上げをしてスリーブ3内周の円筒度、真円度を上げて、シリンドラブロック2にクランク軸やピストン等を組み付け、さらにシリンドラヘッド6をボルト8により締結して内燃機関として組み立て完了した後、内燃機関を運転すると、スリーブ3が熱膨張し、この時シリンドラヘッド6がボルト締結されるスリーブ外周のシリンドラ本体2の複数のボルト穴回りは剛性が上がり、熱膨張に抵抗する一方、スリーブ外周のボルト穴の中間部となるシリンドラ本体2aは熱膨張に対しての抵抗性は小さいが、シリコン(Si)を15~35重量%含有させ、スリーブ3の線膨張係数をシリンドラ本体2aの線膨張係数より少なくとも10%小さな値であり、スリーブ3が熱膨張が小さくてスリーブ内周の円筒度、真円度が維持され、ピストンリング4bによる燃焼室12とクランク室7との隔離性が向上し、オイル消費量の増大、燃焼ガスの吹き抜けによる燃費悪化、オイル劣化を防止することができる。

【0058】また、スリーブ3とシリンドラ本体2aとの間に隙間が生じないようにすることができるだけでなく、メッキの密着性も確保することができる。これは、メッキの前処理であるアルカリエッティング工程において、シリコン(Si)粒径が2~10μmと十分小さいために、Ni-Pメッキの析出が阻害されないためである。

【0059】このように発明では、スリーブ3を構成するアルミニウム合金にシリコン(Si)を含有させ、このシリコン(Si)を平均粒度が2~10μmの初晶シリコン(Si)とし、スリーブ3の内周面にアルカリエッティング処理することで、スリーブ内周面のシリコン(Si)がアルカリエッティング処理で除去されて、スリーブ内周面に凹凸が形成され、しかもシリコン(Si)粒子の平均粒径は小さいので、微細な凹凸を緻密に形成でき、スリーブ内周面とメッキ層との結合面積が増加し結合性のより一層の向上が可能で、凹凸によるアンカー効果があり、さらに結合面積の増加で熱伝達面積が増加し、メッキ層に加えられる燃焼ガスの熱を速やかに放熱可能で、メッキ層の剥離を起こしにくい。

【0060】また、スリーブ3を構成するアルミニウム合金に、シリコン(Si)を15~35重量%含有させることで、シリコン(Si)含有量が多く、かつシリコ

ン(Si)粒子の平均粒径は小さいので、より微細な凹凸を緻密に形成でき、スリーブ内周面とメッキ層との結合面積が増加し結合性のより一層の向上が可能である。すなわち、スリーブ3内周表面からの熱は、メッキ層、スリーブ3本体を経て、シリンドラ本体側へ良好に熱伝達されるので、スリーブ3表面にホットスポットができにくく、ピストン4との焼き付きを防止することができる。

【0061】実施例としては、スリーブ基材に、JIS 10 2000系またはJIS 6000系の基本化学成分に25重量%のシリコン(Si)を加えた化学組成をもつ急冷凝固粉末固化押し出し形成材料を用いるときの製造工程を、図4の工程によって製造した。

【0062】このJIS 2000系のアルミニウム合金の急冷凝固粉末は、アルミニウム(Al)を基材とし、全体中に、シリコン(Si)を15~38重量%、鉄(Fe)を1.5重量%以下、銅(Cu)を1.5~6.8重量%、マグネシウム(Mg)を1.8重量%以下、マンガン(Mn)を0.2~1.2重量%、クロム(Cr)を0.1重量%以下、亜鉛(Zn)0.3重量%以下、チタン(Ti)0.2重量%以下とした。

【0063】このJIS 6000系のアルミニウム合金の急冷凝固粉末は、アルミニウム(Al)を基材とし、全体中に、シリコン(Si)を15~38重量%、鉄(Fe)を1.0重量%以下、銅(Cu)を0.4重量%以下、マグネシウム(Mg)を0.35~1.5重量%以下、マンガン(Mn)を0.8重量%以下、クロム(Cr)を0.35重量%以下、亜鉛(Zn)0.25重量%以下、チタン(Ti)0.15重量%以下とした。

【0064】実施例1は、JIS 6000系で6061-25Si急冷凝固粉末固化押し出し材をスリーブ基材として、この内面にNi-P-SiC分散複合メッキを施した。

【0065】実施例2は、JIS 6000系で6061+2~4Fe-25Si急冷凝固粉末固化押し出し材をスリーブ基材として、この内面にNi-P-SiC分散複合メッキを施した。

【0066】実施例3は、JIS 2000系で2017または2024-25Si急冷凝固粉末固化押し出し材をスリーブ基材として、この内面にNi-P-SiC分散複合メッキを施した。

【0067】この実施例では、オイル消費量低減はシリンドラ変形の改善であり、これに鋳込み後スリーブ密着を改善することに着目した。スリーブ密着の改善には、低線膨張係数スリーブ材へ変更することに着目し、通常の低線膨張係数材は鉄系から軽量、熱伝達良好材の選定を行ない、アルミニウム複合材とした。

【0068】このスリーブ材の物性、機械的性質を比較して表1に示し、低線膨張係数アルミニウムを基材と

し、内表面に硬質皮膜を形成したスリーブであり、表1に示すようにスリーブ基材の線膨張係数 $\alpha$ を12Si-3Cuのアルミニウム合金材、シリンダ本体ADC12と比較して低減した。鋳包み材であるシリンダ本体AD

C12の線膨張係数との比率は0.85であり、スリーブの鋳込み時の締め付け変形が改善された。

【0069】

【表1】

特性比較		6061+25Si				12Si-3Cu			ADC12
分類	パラメータ		T1	T6	T1/ Cast/AN	T6/ Cast/AN	T1	T6	T6/ Cast/AN
	密度	g/cm <sup>3</sup>	26.8				2.84		to be filled
物理的 性質	線膨張係数 (RT-200°C)	ppm/°C		16.8			21.4 (20.6)		20
	熱伝導率	W/mK	135	142			184		—
	固相線	°C							—
	ヤング率	Gpa	84				(77)		
機械的性質 (100Hr. 保持後)	耐力RT	Mpa	253				(108)	(402)	—
	耐力150°C	Mpa	245						—
	引張り強度 RT	Mpa	330			237	288	(441)	—
	引張り強度 150°C	Mpa	321						—
	伸びRT	%				1.8	13	(2)	—
	伸び150°C	%	3.3	0.7					—
	高温クリープ 強度150°C	Mpa					74 (86)	38	—
	硬質RT	HRB	40 (20-53)	78 (46-88)		30		(173)	—
		Hv	72-102	130-148					—
	疲労強度RT	Mpa							—
	疲労強度150°C	Mpa							—
製造要件	押し出し 成形性		○				○		
	被削性				—	—			—
	加熱急冷 試験		○	○	○	○	○	○	—
	めっき性		○	○	○	○	○	○	—
	打ち抜き 試験		○	○	○	○	○	○	—
	付り試験	▲	○	○	○	▲	○	○	—
	めっき 硬度			○	○			○	—

また、250°C×1時間の加熱後除冷する焼純により鋳冷却を停止する。

包み時の界面隙間が表2に示すように減少する。スリーブの円周方向に8箇所でスリーブとシリンダ本体との界

【表2】

面隙間を測定した。ボアNo.4のものは異常として金型

試料 No.	仕様	ボア No.	断面深さ	隙間幅(μm)								最大 隙間幅
				①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
1	6061+25Si as Cast	#1	5mm									0
		#2										0
		#3										0
		#4										0
		#1	40mm									0
		#2										0
		#3										0
		#4										0
		#1	70mm					10				10
		#2										0
		#3										0
		#4						50				50
2	6061+25Si 250°C×1hr	#1	5mm									0
		#2										0
		#3										0
		#4										0
		#1	40mm									0
		#2										0
		#3										0
		#4										0
		#1	70mm					30				30
		#2										50
		#3						50				50
		#4						80	50	50	80	

鋳包み時の界面隙間が減少すると、表1に示すように、50ライナー基材のヤング率が向上し、ホーニング後のシリ

ンダの真円度、円筒度が改善され、ピストンリングの追従性、シール性が改善される。

【0071】また、鋳包み時の界面隙間が減少すると、熱伝達性の均一化と改善が行なわれ、運転中の局部変形の改善が可能になり、ホーニング後のシリンダの真円度、円筒度が改善され、ピストンリングの追従性、シール性が改善され、オイル消費の改善された。

【0072】前記実施例1乃至実施例3において、急冷凝固粉末固化押し出し形成材料を用いて押出加工し、この押出加工条件、例えば押出速度、温度等を調整することによって、図5に示すように、スリーブ基材の外表面に、高さ0.1~2mmの長さ方向に平行な連続した突起100を形成すると共に、表面に深さ10μm~1mmの微小クラック101を一様に分布させた。

【0073】図6はスリーブ表面き烈深さとスリーブ強度及び界面隙間の関係を示す図であり、表面に深さ10μm~1mmがスリーブ強度が大きく、界面隙間を小さくすることができ烈深さの最適範囲であり、この深さ10μm~1mmの微小クラック101を一様に分布させることで、鋳物のシリンダ本体2aとの接合を強固にし、かつ熱の伝達を均一にすることができます。

【0074】前記実施例1乃至実施例3において、リン及び共析物を含むニッケル系の分散メッキを高速で行ない、ニッケル(Ni)ーリン(P)ーシリコンカーバイト(SiC)の分散メッキを高速で行うものであるが、このNiーPーSiC分散メッキは、次のような性質を有する。

【0075】スリーブ3の内周面にNiーPーSiC分散メッキを施した場合に、スリーブ3の内周面に、NiーPマトリックス51及びSiCの共析粒子52を含むメッキ膜50が形成される。このメッキ膜50の表面には、潤滑のためにホーニング目からなるオイルポケット53が形成されるが、さらに、運転によるピストン5の摺動が繰り返されると、硬いシリコンカーバイト(SiC)の共析粒子52は残ってNiーPマトリックス51が摩耗することにより、新たなオイルポケット54が生じる。従って、長期間にわたってオイル潤滑を良好に行わせることができる。

【0076】また、温度とメッキ硬度との関係を、上記のNiーPーSiC分散メッキと、NiーSiC分散メッキと、ハードクロムメッキとについて調べると、NiーPーSiC分散メッキは、とくに350°C程度で熱処理すれば、ハードクロムメッキよりも硬度が高く、リン(P)を含まないNiーSiC分散メッキと比べると硬度が大幅に高められる。このことから、リンを含有させることで熱処理後の硬度が高められることがわかる。

【0077】この実施例では、板状試験片にメッキをしたものについてやすり試験、ドリル孔あけ試験、加熱急冷試験等によりメッキの密着性を評価したところ、溶製材に比べ明らかに密着性が向上していることが確認さ

れた。また、内燃機関の耐久試験を行なったところ、出力性能を維持したまま、オイル消費量が、従来の約1/2に低減することが確認され、メッキ剥離等のトラブルはまったく発生しなかった。

【0078】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1に記載の発明では、熱伝導性、加工性、メッキ性を損なうことがなく、スリーブの線膨張係数をシリンダ本体の線膨張係数より小さな値にできる。

10 【0079】請求項2に記載の発明では、スリーブの線膨張係数がシリンダ本体の線膨張係数より小さいことから、シリンダ本体側の凝固収縮及び凝固後の熱収縮によるスリーブ締め付け力が低下することなく、スリーブとシリンダ本体との間で隙間がなくなり、スリーブからシリンダ本体側への熱伝達が良好でホットスポット化し、ピストンとの焼き付きを防止することができる。

【0080】請求項3に記載の発明では、スリーブの線膨張係数をシリンダ本体の線膨張係数より少なくとも10%小さな値にしたことで、シリンダ本体側の凝固収縮及び凝固後の熱収縮によるスリーブ締め付け力がより低下することなく、さらにスリーブとシリンダ本体との間で隙間がなくなる。

20 【0081】請求項4に記載の発明では、スリーブを構成するアルミニウム合金に、シリコン(Si)を15~38重量%含有させることで、スリーブの線膨張係数を小さくでき、しかも熱伝導性、加工性、メッキ性を損なうことがない。

【0082】請求項5に記載の発明では、シリコン(Si)を平均粒径が2~10μmの初晶シリコン(Si)とすることで、スリーブの線膨張係数をより小さくでき、しかも熱伝導性、加工性、メッキ性を損なうことがない。

30 【0083】請求項6に記載の発明では、スリーブを平均粒径が20~100μmのアルミニウム合金粉末を凝集固化して形成することで、スリーブの線膨張係数をより小さくでき、しかも熱伝導性、加工性、メッキ性を損なうことがない。

【0084】請求項7に記載の発明では、請求項2乃至請求項6に加え、ピストンの線膨張係数をスリーブの線膨張係数より大きくすることで、スリーブ内周の円筒度、真円度が維持され、ピストンリングによる燃焼室とクランク室との隔離性が向上し、オイル消費量の増大、燃焼ガスの吹き抜けによる燃費悪化、オイル劣化を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】スリーブが乾式構造の水冷式4サイクル内燃機関の断面図である。

【図2】図1のII-II線に沿う断面図である。

【図3】スリーブが湿式構造の水冷式4サイクル内燃機関の断面図である。

【図4】内燃機関用シリンダブロックの製造工程を示す図である。

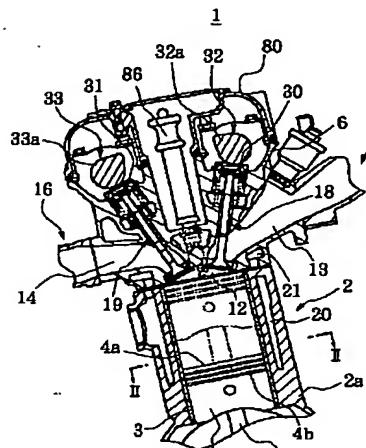
【図5】スリーブ基材の外表面の状態を示す図である。

【図6】スリーブ表面き裂深さとスリーブ強度及び界面隙間の関係を示す図である。

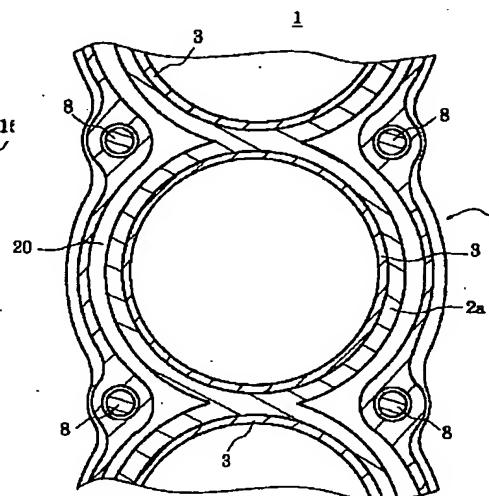
- 1 水冷式4サイクル内燃機関
- 2 内燃機関用シリンダブロック
- 2a シリンダ本体
- 3 スリーブ
- 4 ピストン

【符号の説明】

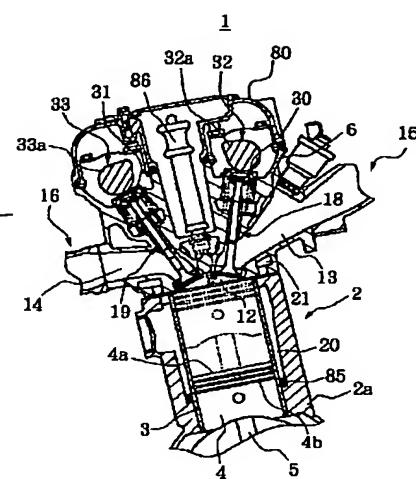
【図1】



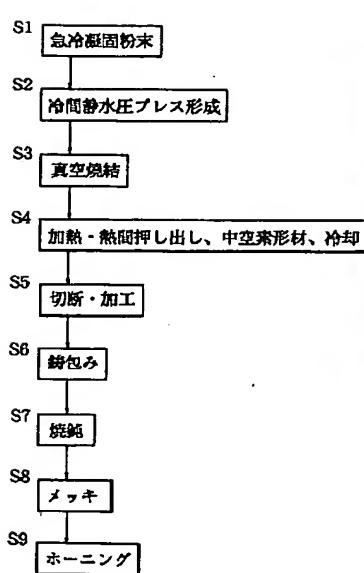
【図2】



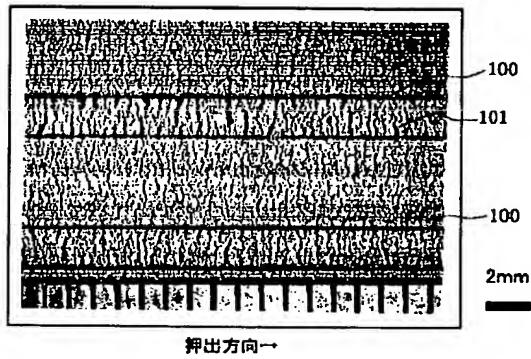
【図3】



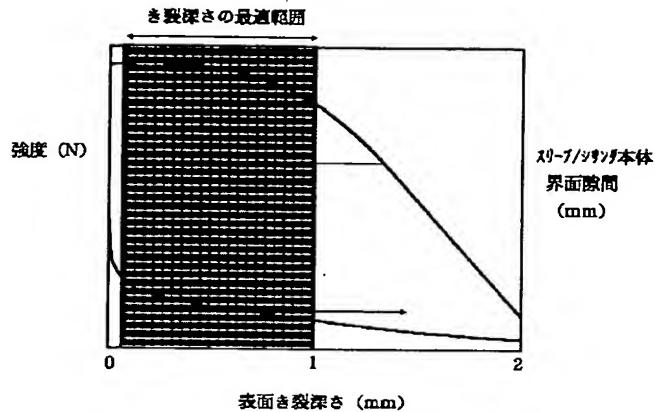
【図4】



【図5】



【図 6】



## フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	マークド (参考)
B 2 2 F 7/08		B 2 2 F 7/08	D
C 2 2 C 1/02	5 0 3	C 2 2 C 1/02	5 0 3 J
21/02		21/02	
F 0 2 F 1/08		F 0 2 F 1/08	A
1/16		1/16	A

(72) 発明者	荒木 健志 静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機 株式会社内	F ターム (参考) 3G024 AA02 AA04 AA06 AA09 AA11 AA14 AA15 AA18 AA26 AA27 AA28 AA36 AA37 AA45 AA72
(72) 発明者	中尾 大介 静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機 株式会社内	30 BA20 CA05 DA01 DA03 DA04 DA10 DA12 DA18 FA03 FA08 GA02 GA12 GA17 GA18 GA21 GA27 HA07 4K018 AA16 BB06 CA23 HA03 KA08